

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-244799

(P2000-244799A)

(43) 公開日 平成12年9月8日 (2000.9.8)

(51) Int.Cl.⁷H 0 4 N 5/232
G 0 3 B 19/02

識別記号

F I

H 0 4 N 5/232
G 0 3 B 19/02

テーマコード (参考)

A 2 H 0 5 4
5 C 0 2 2

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平11-42934

(22) 出願日

平成11年2月22日 (1999.2.22)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 高田勝啓

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン
パス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100097777

弁理士 荏澤 弘 (外7名)

Fターム (参考) 2H054 AA01

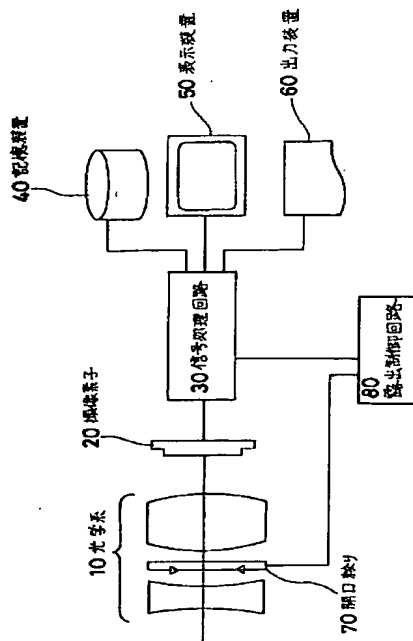
5C022 AA13 AB12 AB17 AC01 AC42
AC54 AC69

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像を撮影することができ、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度がコントロール可能な、小型低コストな撮像装置。

【解決手段】 光学系10による物体の像を電子撮像素子20上に結像することによって、物体の画像情報を得る撮像装置であって、光学系10には光束径を縮小化することによりF4以上の開口値を得ることが可能な構造物を有しており、かつ、光学系10に求められる性能は、解像可能画素単位に対応する画素ピッチに対して、点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径が8倍程度の大きさまで許容でき、撮像素子20の画素ピッチは5 μ m程度以下であり、また、その画素数は解像可能画素単位を満たす250万程度以上である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学系による物体の像を電子撮像素子上に結像することによって、物体の画像情報を得る撮像装置であって、前記光学系には光束径を縮小化することによりF4以上の開口値を得ることが可能な構造物を有しており、かつ、下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

$$(1) \quad 1.5 < \phi / P \times \sqrt{(2.5/N)} < 8.0$$

$$(2) \quad 0.0015 < P < 0.0055 \quad [\text{mm}]$$

$$(3) \quad 2.4 < N < 20 \quad [100\text{万}]$$

ただし、 ϕ は略画面中心における絞り開口値F5.6、波長e線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径の大きさ(単位はmm)、Nは撮像素子の画素数(単位は100万)、Pは撮像素子の画素ピッチ(単位はmm)である。

【請求項2】 請求項1において、使用する全てのフォーカス位置で下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

$$(6) \quad |H/L| < 0.20$$

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長、Lは撮像面から測った光学系の射出瞳位置までの距離であり、光学系がズームレンズの場合には、Lは広角端から望遠端の間の最も撮像面側に近い射出瞳位置である。

【請求項3】 請求項1又は2において、下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

$$(4) \quad 2.0 < \phi / P \times \sqrt{(2.5/N)} < 6.5$$

【請求項4】 請求項1から3の何れか1項において、下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

$$(9) \quad 3 < H < 17 \quad [\text{mm}]$$

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長である。

【請求項5】 請求項4において、下記の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

$$(10) \quad 4.2 < H < 12 \quad [\text{mm}]$$

【請求項6】 光学ローパスフィルターを使用しないことを特徴とする請求項1から5の何れか1項記載の撮像装置。

【請求項7】 前記撮像装置がカラー撮像装置であることを特徴とする請求項1から6の何れか1項記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、撮像装置に関し、特に、銀塩写真に匹敵する高品位な画像を撮影することができ、被写界深度がコントロール可能で、小型低コストな撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 写真画質に匹敵する画像を得ることが可

能な印刷用等の用途を想定した業務用デジタルカメラがある。これらは200万画素を越える画素数を有しているものの、撮像素子の画素ピッチが約7.5~10 μ m前後以上と大きく、撮像素子サイズが1インチを越えた大きな撮像素子となっている。そのため、1枚のウェハーから得られる素子の数に制限があり、コストをある程度以上下げることができないという問題がある。

【0003】 撮像素子の製造コストを下げるためには、素子サイズを小型化し、1枚のウェハーから多くの素子を得るようにすることが最も効果的である。しかし、素子サイズを小型化するためには、画素数を下げるか、画素ピッチを小さくする必要がある。

【0004】 比較的安価な撮像装置として商品化されている装置には、1/3~2/3インチサイズの100~200万画素程度の撮像素子を用いているものが多い。後で詳細に述べるが、この画素数では六つ切り(228mm×186mm)以上に拡大すると、写真画質に匹敵する画像は得られない。

【0005】 従来の装置では、撮像素子の画素ピッチから決まるナイキスト周波数まで十分な光学性能を有するレンズ系を用いている。したがって、撮像素子の画素数が保有する最大解像度を画像として高性能に実現することを意図している。

【0006】 さらには、モアレ画像や偽色の抑制のため、光学ローパスフィルターを装備する必要がある場合には、ローパスフィルターによる性能劣化をも考慮し、その劣化分を上乗せした光学性能をレンズとして確保し、その上で光学ローパスフィルターにより結像性能を劣化させる構成をとっている。

【0007】 この従来の考え方の延長では、画素ピッチが小さくなると、その分ナイキスト周波数が高周波になり、レンズ系に求められる光学性能が極めて高いものとなる。とりわけ、光学ローパスフィルターで劣化する空間周波数中域での性能を向上させようすると、ほとんど理想レンズに近い性能を出さなければならない(特開平10-148754号)。

【0008】 一方、汎用性のある撮像装置では、多種多様な条件下で適切な撮影が可能なように、レンズに開口絞りを設け、撮像素子に達する光量を制御することによって、適正に露出制御された画像を得るように求められる。適正に露出制御されていないと、ノイズが多い画像となったり、シャドウ部のディテールに劣る画像しか得られなくなる。

【0009】 また、開口絞りにより通過する光束径が小さくなると、回折作用を強く受け、レンズ系による点像強度分布が広がる現象が生じる。いわゆる回折ボケである。この回折ボケを防ぐために、NDフィルターを挿入したり、電子シャッターにより露出時間を制御することにより適正露出を得たりする方法が考案されている(特開平6-153066号、特開平11-8803号)。

【0010】しかし、絞りを絞る効果としては光量の調整だけではなく、被写界深度を調整する機能も有しており、NDフィルター等によって光量を調整する方法では、被写界深度に対する効果は得られなくなる。

【0011】この回折ボケは撮像素子の画素ピッチとは全く関係のない光学系単独で生じる現象であるから、同じボケ量であっても、画素ピッチが小さい程受ける影響が大きく、画質が劣化する。

【0012】前述の通り、撮像素子の保有する最大解像度を画像として高性能に実現することを意図する従来の考え方では、回折ボケによる画像劣化は大きな課題であり、特に小さな画素ピッチになる程回折ボケによる画質劣化の影響を強く受けるため、ある程度以上絞らないか、ある程度以上画素ピッチを小さくしないことが望ましくなる。

【0013】また、いわゆる輪郭強調の処理を施すことにより、回折ボケが出ている絞り値の画像でも、見た目にシャープ感のある画像を得る手法が提供されている

(特開平5-347730号)。現在、コンシューマ用途に商品化されている撮像装置も、ほとんどがこの輪郭強調処理を用いており、一見してシャープな画像に見える。電気的にはほとんど無制限に輪郭強調処理を施すことは可能であるが、無理な強調処理をかけると、大きく拡大したとき、極端に画像が劣化する。したがって、輪郭強調のレベルは極力低くしておくことが、画像の高品位化のためには望ましく、従来のコンシューマ用途の撮像装置では、この点からも到底銀塩写真の画質には達していない。

【0014】このように、既存の商品や従来例では、六つ切り程度以上の大きな画像とした場合には、銀塩写真に匹敵する画像を得ることはできず、また、従来の考え方の延長では、画素ピッチをある程度以上縮小化できないために、装置の小型化に障害となるか、あるいは、開口値を大きくしていくことができずに、被写界深度の制御等が行えないといった結果となり、銀塩写真と同等の高品位な画像を得る小型低コストな撮像装置を達成することはできない。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像を撮影することができ、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度がコントロール可能な、小型低コストな撮像装置を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の撮像装置は、光学系による物体の像を電子撮像素子上に結像することによって、物体の画像情報を得る撮像装置であって、前記光学系には光束径を縮小化することによりF4以上の開口値を得ることが可能な構造物を有

しており、かつ、下記の条件を満足することを特徴とするものである。

$$(1) \quad 1.5 < \phi / P \times \sqrt{(2.5/N)} < 8.0$$

$$(2) \quad 0.0015 < P < 0.0055 \quad [\text{mm}]$$

$$5 \quad (3) \quad 2.4 < N < 20 \quad [100 \text{ 万}]$$

ただし、 ϕ は略画面中心における絞り開口値F5.6、波長e-線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径の大きさ(単位はmm)、Nは撮像素子の画素数(単位は100万)、Pは撮像素子の画素ピッチ(単位はmm)である。

【0017】この場合に、使用する全てのフォーカス位置で下記の条件を満足することが望ましい。

$$(6) \quad |H/L| < 0.20$$

15 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50
ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長、Lは撮像面から測った光学系の射出瞳位置までの距離であり、光学系がズームレンズの場合には、Lは広角端から望遠端の間の最も撮像面側に近い射出瞳位置である。

20 【0018】また、下記の条件を満足することがより好ましい。

【0019】

$$(4) \quad 2.0 < \phi / P \times \sqrt{(2.5/N)} < 6.5$$

また、下記の条件を満足することが好ましい。

$$25 \quad (9) \quad 3 < H < 17 \quad [\text{mm}]$$

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長である。

【0021】その場合に、下記の条件を満足することがより好ましい。

$$30 \quad (10) \quad 4.2 < H < 12 \quad [\text{mm}]$$

また、光学ローパスフィルターを使用しないことがより好ましい。

【0023】なお、以上の撮像装置はカラー撮像装置として構成することが望ましい。

35 【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明において上記構成をとった理由とその作用について説明する。

40 【0025】人間の眼の標準的な角度分解能を1' (視力1.0に対応)と考えると、この値は限界解像力を得る値であるから、画像に含まれるラインアンドスペースがシャープな画像として認識できる分解能はそれよりも下がったところ(大きい角度)にあると考えられる。

45 【0026】例えば、その立体角を1.67' (視力0.6に対応)程度と考えると、例えば40cm離れた位置から画像を観察するとき、0.194mmの大きさまではシャープな像と認識できることになる。したがって、40cm離れた位置からA4(210mm×297mm)サイズのプリントを観察することを考えると、プリント画像をシャープな画像として認識するためには、50 A4のプリントに必要な画素数は約1100×1500

=165万画素となる。この数値は、A4フルサイズのプリントであり、周囲に余白を10mm程度とることを考えると、画素数は約140万画素になる。これ以下の画素数では、プリントのドットを明確に認識できるため、例えばエッジ像が直線でないとか、濃淡の変化が階段状に見える等により、低い画質と認識する。

【0027】データ量は少なくとも、出力時に補間処理を施してプリントすることにより画像の画素数を上げることもできるが、補間処理の際に画質劣化は避けられず、エッジが鈍る等の現象を引き起こし、上記画素数を直接出力した画像とは画質の点で大きな差がある。

【0028】一般に、プリント等の画像の大きさと観察距離には相関があり、小さい画像は近い距離で、大きな画像は離れた距離で観察することが自然である。画像の大きさと観察距離の関係が線型であれば、人が認識するシャープネスは、画素の大きさではなく、前述の立体角で決まる。したがって、上記では、必要な画素数の計算をA4サイズの画像で行ったが、異なる画像の大きさで求めても同じ結果を得る。

【0029】しかし、A4の画像を観察する距離と比べ、A6サイズ(105mm×149mm)等の極端に小さな画像では、実際の観察距離は前述の関係より遠くなることが多く、したがって、A6等の画像サイズでは、必要な画素数は上記の165万画素を下回ることになる。

【0030】さて、撮像素子を用いて作成された画像は、当然画像を構成する画素単位は一定であるため、その単位以上の高い空間周波数を有する物体は表現できない。種々の空間周波数のパターン部分を有するテストチャートを撮影した場合、最も線幅の狭い部分でその線幅が画素ピッチに等しいパターンは、全て分解して観察されるのに対して、線幅が画素ピッチを下回りその最も狭い線幅が画素ピッチの1/2となる画素単位以上の高い空間周波数を有するパターンは、低周波の濃淡、いわゆるモアレが観察されるだけである。

【0031】前述の計算で求めた画素数の画像では、プリントの最小画素単位を人間が高いコントラストで明確に認識できる。したがって、上述のテストチャートの観察の結果を一般画像に拡張すると、ある空間周波数までシャープに見え、最小画素単位以下の空間周波数が急激に分解しない画像になるため、画像のコントラストは高くても、グラデーションが十分表現できているとは認識できず、いわゆる荒れ感のある画像となる。

【0032】一方、銀塩写真は、人間が感知する解像限界以下の大きさの粒子から、人間がシャープに認識できる大きさの粒子まで様々な大きさの粒子により構成されており、そのことによって、画像のコントラストだけではなく、画像のグラデーションを表現することができ、画像の高品位感に大きな影響を与えていると考えられる。したがって、上記の画素数の画像では、写真画質を

達成しているとは言い難い。

【0033】グラデーション豊かな画像とするためには、人間が感知する解像限界に近い空間周波数まで表現しなければならない。我々はこの点に着目し、銀塩写真と等価な画質と見なすために必要な画素単位の大きさを検討した結果、画像を構成する最小画素単位は、前記の立体角1.67'に対応する画素単位では不十分であり、少なくとも立体角1.25'（視力0.8）に対応する画素単位が必要であることが分かった。もちろん、解像限界である1'の分解能に対応する画素単位、あるいは、さらに品位感を上げるために1'を下回る分解能で分解できる画素単位まであればなお良い。

【0034】以下、シャープな画像と認識できる立体角に対応する画素単位の大きさを「良像限界画素単位」、グラデーション感を与えるために必要とする立体角に対応する画素単位を「解像可能画素単位」、解像限界に対応する画素単位を「解像限界画素単位」と呼ぶことにする。このとき、良像限界画素単位>解像可能画素単位>解像限界画素単位である。

【0035】この表現を用いると、前述の結果は、解像限界を1'とすると、解像可能画素単位は立体角1.25'に対応する画素単位以下が必要となる。この場合、前述の方法と同様にして必要な画素数を求めると、用紙フルサイズ(A4)に対し約300万画素、余白を考えると約250万画素となる。

【0036】この場合重要なことは、必ずしも解像可能画素単位に対応する空間周波数まで高いコントラストである必要はないことである。良像限界画素単位に対応する空間周波数までは高いコントラストを実現する必要があるが、それ以上の周波数は人間自身が高いコントラストで認識できないため、画像のコントラストが低下していくことは、画像のグラデーションを表現することに何ら妨げにはならないのである。

【0037】したがって、例えば解像可能画素単位と撮像素子の各画素が1対1の対応がある場合には、光学系の結像性能は、撮像素子の画素ピッチに対応する空間周波数、いわゆるナイキスト周波数においては、高いコントラスト性能は必ずしも必要ないことになる。

【0038】また、解像可能画素単位よりも撮像素子の画素ピッチが小さい場合、すなわち画像に必要な画素数以上の画素数を撮像素子が有している場合には、撮像素子の画素ピッチではなく、解像可能画素単位に対応する画素ピッチを考えれば十分である。

【0039】さて、画素数の観点から、画素ピッチに視点を転じる。本発明は、単に画素数を増やすことなく、画素数をどのように増やすかについて言及する。また、そのときに光学系に求められる結像性能について考察している。

【0040】本発明では、画素数を増やす際に、撮像素子の画素ピッチを縮小化することにより、画素数を増や

すことを提案している。そのことにより光学性能に及ぼす影響を示す。

【0041】電子撮像系の場合、光学系の伝達関数で与えられるコントラストの画像が得られる訳ではなく、撮像素子の光電変換部、いわゆる撮像素子の開口部が有限の面積を持ち、そこで光量が平均化されるため、開口部の大きさに応じた伝達関数の劣化が起こる。

【0042】簡単のため、開口部を矩形に近似すると、フーリエ変換により伝達関数の劣化は、図8に示すように、 sinc 関数として表現できる。ただし、ピッチ間隔に対する開口部の大きさの面積比、いわゆる開口効率は70%としている。

【0043】例えば、ピッチ間隔 $7.5\mu\text{m}$ 、素子サイズ $2/3$ インチ、約100万画素の撮像素子を用い、図9に示すMTF特性を有する光学系で撮影する場合、開口部での劣化を考慮した総合的なMTF特性は図10のようになる(図8のピッチ間隔 $7.5\mu\text{m}$ の曲線の値と、図9の曲線の値とを掛けたもの)。

【0044】そこで、前述の特性を考慮し、画素ピッチを $5\mu\text{m}$ に縮小化することによって同じ素子サイズで約230万画素を達成したとし、上記と同じ図9に示すMTF特性を有する光学系を用いると、開口部での劣化を考慮した総合的なMTF特性は図11のようになる(図8のピッチ間隔 $5\mu\text{m}$ の曲線の値と、図9の曲線の値とを掛けたもの)。

【0045】図10、図11から明らかに、画素ピッチを縮小化することによって、撮像素子開口部での伝達関数の劣化が抑制され、総合的な光学性能はむしろ高くなる。したがって、画素数の議論により適切な画素数を設定し、その画素数を画素ピッチの縮小化で達成することにより、光学系単体で保証すべき性能は、撮像素子開口部での伝達関数の劣化を前提として、劣化分を予め性能を上げておくことによってカバーするという、従来の手法により予測したレベルよりも落とすことが可能となる。

【0046】撮像装置の光学系に求められる性能は、検討の結果、前記の解像可能画素単位に対応する画素ピッチに対して、点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの直径が8倍程度の大きさまで許容できることを見出した。これを越えると、コントラストの低下が著しく、前記良像限界画素単位に対する空間周波数での解像も得られなくなり、本発明の目的である高品位な画像が得られなくなる。もちろん、光学性能が高いことを禁止するものではない。

【0047】一方、撮像装置の大きさや撮像素子のコストを考慮すると、画素ピッチは $5\mu\text{m}$ 程度以下であることが望ましい。これ以上の大きさの画素ピッチになると、前記画素数を確保したときの素子サイズが大きくなり、撮像素子のコストダウンや装置の小型化を達成することが困難になる。

【0048】以上を条件式で表現すると、

$$(1) \quad 1.5 < \phi / P \times \sqrt{(2.5/N)} < 8.0$$

$$(2) \quad 0.0015 < P < 0.0055 \quad [\text{mm}]$$

$$(3) \quad 2.4 < N < 20 \quad [100\text{万}]$$

ただし、 ϕ は略画面中心における絞り開口値F5.6、波長 e -線での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、光学系による点像強度分布(point spread function by amplitude)の90%エンサークルドエネルギーの直径(入射光量に対し像面に到達する光量の90%の光量が含まれる像面における点像の円の直径)の大きさ(単位はmm)、Nは撮像素子の画素数(単位は100万画素)、Pは撮像素子の画素ピッチである(単位はmm)。

【0049】上記式(1)は、前記解像可能画素単位から算出した画素数を前記の250万画素としたときに満足すべき式である。式(1)の下限の1.5を越えると、光学系の光学性能が高くなるため、画像は高画質になるが、構成するレンズ枚数を増やさないと所望の性能が得られなくなったり、あるいはレンズ系の大きさを大きくして、各レンズで発生する収差量を抑制する等の対策が必要になり、何れにしてもレンズ系の低コスト化、小型化の点で不利である。あるいは、小さい製造公差を設けなければならなくなり、レンズ系のコストを下げるのが困難になる。式(1)の上限の8を越えると、上記のように、コントラストの低下が著しく、良像限界画素単位に対する空間周波数での解像も得られなくなり、高品位な画像が得られなくなる。

【0050】式(2)の下限の 0.0015mm を越えて画素ピッチが小さくなると、条件(1)を満足する光学レンズを製作することができなくなる。式(2)の上限の 0.0055mm を越えると、撮像装置を小型化できず、また、撮像素子が高コストなものとなってしまう。

【0051】式(3)の上限は、得られる画像データの大きさを考慮して設けたものであり、上限の2000万を越えて大きくなると、1枚の画像情報を保持しておく媒体に必要な記憶容量が極めて大きくなるため、小さい記憶容量の媒体に記憶させるためには圧縮率を大きくする必要が生じ、画質の劣化が避けられず、本発明の目的に反する。また、大容量の記憶媒体への書き込み装置を撮像装置に内蔵する場合には、装置全体が極めて大型化し、やはり本発明の目的に反する。また、画像情報が大きくなりすぎると、画像データの転送速度や媒体への書き込み速度の低下が著しくなり、撮像装置としての機動性に著しい障害となり好ましくない。式(3)の下限の240万を越えると、解像可能画素単位を満たす画素数を下回ることになり、グラデーションが豊かで高品位な画像を与えることが困難になる。

【0052】高品位な画像と、光学系に求められる性

能、装置のコストのバランスを考慮し、低コストな光学系で十分高品位な画像を得るためには、下記条件を満足すると、なお好ましい。

(4) $2.0 < \phi / P \times \sqrt{(2.5 / N)} < 6.5$
画素ピッチに関しては、下記の条件を満足するとなお好ましい。

【0053】

(5) $0.002 < P < 0.0052$ [mm]

本発明により画素ピッチの小さな撮像素子を用いる場合、光学系の射出瞳位置は適度に遠くしておくことが求められる。画素ピッチが小さくなると、光電変換領域の面積が小さくなり、そこに入射する光量が少なくなるため、撮像装置としての感度が低下する問題がある。そこで、撮像面の上部にマイクロレンズを設けて、光電変換面よりも広い領域の光を光電変換面に効率良く集光する方法が採られる。そのため、撮像面に対して光が極端に斜めに入射すると、光電変換面に入射する光量が減る現象を起こし、画像が暗くなる問題が生じる。

【0054】そこで、本発明の撮像装置に用いる光学系は、使用する全てのフォーカス位置で以下の条件を満足することが望ましい。

(6) $|H/L| < 0.20$

ただし、Hは撮像素子の画像生成に関わる撮像面の対角線長、Lは撮像面から測ったレンズ系の射出瞳位置までの距離である。レンズ系がズームレンズの場合には、Lは広角端から望遠端の間の最も撮像面側に近い射出瞳位置である。

【0055】特に汎用性の高い撮像装置を用いる場合や、特に画素ピッチの小さな撮像装置を用いる場合には、撮像面に入射する光の角度がさらに小さくなることを望ましい。したがって、

(7) $|H/L| < 0.17$

を満たせばさらに望ましい。

【0056】以下の条件を満足すれば、なお好ましい。

【0057】(8) $|H/L| < 0.15$

一方、素子サイズに関して、以下の条件を満足することが望ましい。

(9) $3 < H < 17$ [mm]

式(9)の下限の3mmを越えて撮像素子を小さくすると、必要な画素数を得るための画素ピッチが小さくなりすぎ、条件(2)を満足しない。また、上限値の17mmを越えて大きくなると、撮像装置が大型化する、あるいは撮像素子のコストを下げるのが困難になり、本発明の目的に反する。

【0058】さらには、下記の条件を満足すると、なお好ましい。

(10) $4.2 < H < 12$ [mm]

この式(10)の上下限は条件(5)の上下限に対応している。

【0059】また、解像可能画素単位に対応する撮像素

子上でのピッチと実際の撮像素子の各画素のピッチの大きさは長さ比で3対1以下の対応関係とすることにより、必要最小限の画素数で、本発明の目的とする写真画質に匹敵する高品位な画像を得ることができる。これ以上比率を大きくすると、必要な画素数に比べ撮像素子が保有する画素数が多くなりすぎ、画質の向上には有利となるものの、データ数の点で無駄が多い。

【0060】眼の分解能は個人差があるため、より多くのユーザが高品位な画像と認識するためには、良像限界画素単位や、解像可能画素単位はさらに小さくすることが望ましい。

【0061】解像可能画素単位を立体角 $1.11'$ (視力0.9に対応する)程度に対応する大きさに設定すると、六つ切りを越える大きさのプリントで、35mm低感度の銀塩フィルム(24mm×36mm)で撮影プリントされた画像、若しくはブローニーサイズ(60mm×90mm)で撮影された画像と比較しても、十分鑑賞できる画像が得られる。このときの必要な画素数は用紙フルサイズに対し約370万画素、余白をとる場合には約310万画素となる。

【0062】すなわち、

(11) $3 < N < 20$ [100万]

であればなお好ましい。

【0063】解像可能画素単位を立体角 $1'$ (視力1.0に対応する)程度に対応する大きさに設定すると、六つ切りを越える大きさのプリントで、ブローニーサイズ低感度の銀塩フィルムで撮影プリントされた画像、若しくは4×5インチサイズのフィルムで撮影された画像と比較しても、十分鑑賞できる画像が得られる。このときの必要な画素数は用紙フルサイズに対し約460万画素、余白をとる場合には約390万画素となる。

【0064】したがって、

(12) $3.8 < N < 20$ [100万]

であればなお好ましい。

【0065】もちろん、分解能を越えた細かさの画素単位があると、すでに各画素を認識することはなくても、グラデーションは豊かに感じるため、高品位な画像にはより望ましい。

【0066】以上の本発明の条件を満足することにより、ナイキスト周波数でのMTFが低くなり、モアレの濃度を抑制する効果が得られる。そのため、光学ローパスフィルターが不要となり、中間の空間周波数での光学性能を劣化させる要因を省略することが可能となる。

【0067】撮像素子の光電変換部の上にモザイク状に色フィルターを配置することによりカラー画像を取り込む、いわゆる単板式撮像装置の場合で、特に画素化に伴う偽色を補正する場合には、各色フィルターの分光透過率に応じた白色の、開口値F5.6での、光学ローパスフィルターによるローパス作用を除いた、画面中心における点像強度分布の90%エンサークルドエネルギーの

直径が、同じ色フィルター同士のピッチ間隔の2倍以上であることが望ましい。このようにすれば、偽色抑制の目的での光学的ローパスフィルターが必ずしも必要でなくなり、さらに低コスト化に有利となる。

【0068】単板カラー方式の撮像装置の場合、撮像素子の各画素から得られる画像情報は、特定の色に関するものだけであるため、通常、周囲の画素からの情報を用いて、各画素の位置におけるRGB若しくはCMYの情報を作り出す処理を行う。したがって、撮像素子の画素数は、前述の必要な画素数と少なくとも同じか、若しくはそれ以上であることが望ましい。より高品位な画像を得るためには、撮像素子の画素数が、前述の必要な画素数の1.5倍以上あれば、画素化の処理による画質の劣化を考慮しても、高品位な画像を得ることができ、なお好ましい。

【0069】また、本発明の構成をとることにより、輪郭強調処理を施さなくても、ある程度の高品位な画像を得ることが可能となるため、輪郭強調処理が不要となり、処理回路の単純化に効果的である。あるいは、輪郭強調処理レベルを低くすることによって、輪郭強調処理による画像劣化を抑制できるので、大きなサイズへの画像とした際にも高品位な画像を得ることが可能となる。

【0070】本発明の構成による撮像装置により、写真画質に匹敵する高品位な画像を得るためには、光束径を縮小化することにより開口値を変える機構、いわゆる絞り装置を含んだレンズ系とすることが望ましい。そのとき、絞りによる被写界深度の変化を画像に反映させるためには、絞りはF4を越えて絞ることができることが望ましい。

【0071】さらには、F5.6を越えて絞ることができる機構とすれば、浅い被写界深度から深い被写界深度まで制御することができ、特に焦点距離の長いレンズ系を用いたときに、被写界深度の深い画像を撮影することが可能となる。F8を越えて絞ることができる機構とすれば、なお好ましい。

【0072】

【実施例】以下、上記の本発明の撮像装置の実施例について説明する。本発明に基づく撮像装置全体の構成は、図1に示すように、被写体の像を結像する光学系10と、その結像位置に配置されたCCD等からなる撮像素子20と、その撮像素子20で得られた画像信号を処理する信号処理回路30と、その信号処理回路30に接続され、撮像された画像データを記憶する記憶装置40と、信号処理回路30に接続され、撮像された画像を表示する表示装置50と、撮像された画像を出力するプリンター等の出力装置60とからなる。

【0073】また、光学系10は、図示しない複数の羽絞りを可動させることにより光学系10の光軸を中心として開口の大きさを可変に構成した開口絞り70を有している。この開口絞り70の開口の大きさ及び撮像素子

20による露光時間を共に制御する露出制御回路80により、撮像素子20が読み取るべき光量が適正に制御される。

【0074】この開口の大きさ及び露光時間の組み合わせによる露出制御は、被写体の状態を測光して露出制御回路80により自動設定されるか、又は、使用者が任意に開口値又は露光時間を設定でき、それに合わせて露光時間又は開口値を自動制御するか、開口値及び露光時間も使用者の好みにより設定できるように構成されている。

【0075】以下に、主として光学系10に用いるレンズ系とその際に用いる撮像素子20に関する実施例1、2について説明する。

【0076】実施例1

この実施例は、光学系10として単焦点レンズを使用する実施例であり、撮像素子20としては、1/3インチ(4.8mm×3.6mm)で、撮像面の対角線長Hが6.0mm、画素数1830×1370=250.7万画素で、ピクセルサイズPが2.63μmのものをを用いる。

【0077】光学系10を構成するレンズ系は、図2に断面図を示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、絞りと、両凹レンズと両凸レンズの接合レンズと、両凸レンズとからなるレトロフォーカスタイプの単焦点レンズ系であり、レンズ系と像面Iの間に撮像素子20のカバーガラス、フィルター類を構成する平行平板が配置されている。このレンズ系の数値データは後記するが、最も像面側の面に非球面を用いている。この実施例の収差図を図3に示す。図中、SAは球面収差、ASは非点収差、DTは歪曲収差、CCは倍率色収差を示す(以下の収差図においても同じ)。ただし、図中、“ω”は半画角を表している。

【0078】実施例1の式(1)に関する値は、 $\phi/P \times \sqrt{(2.5/N)} = 4.58$ であり、また、式(2)に関する値 $P = 0.00263\text{mm}$ 、式(3)に関する値 $N = 2.507$ 百万であり、また、式(6)に関する値 $|H/L| = 0.109$ であり、何れもそれらの条件式を満足しており、得られた画像を六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像が得られ、また、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。なお、本実施例は、絞り開放時のFナンバーからF16近辺まで多段階に若しくは連続して開口の大きさが調整可能に構成されている。

【0079】実施例2

この実施例は、光学系10としてズームレンズを使用する実施例であり、撮像素子20としては、2/3インチ(8.8mm×6.6mm)で、撮像面の対角線長Hが11.0mm、画素数2095×1570=328.9

万画素で、ピクセルサイズPが4.2 μm のものをを用いる。

【0080】光学系10を構成するズームレンズは、図4に広角端での断面図を示すように、物体側から順に、第1レンズ群G1は、両凸レンズ1枚からなり、第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズの3枚からなり、絞りSが続き、絞りSの後の第3レンズ群G3は、両凸レンズと、両凹レンズの2枚からなり、第4レンズ群G4は、両凸レンズ1枚からなり、広角端から望遠端にかけて、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、絞りSは何れも物体側に凹の軌跡に沿って移動し、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4は相互の間隔を広げながら物体側に移動する。レンズ系と像面Iの間には撮像素子20のカバーガラス、ローパスフィルター以外のフィルター類を構成する平行平板が配置されており、この実施例の全てのレンズはプラスチック素材で構成されている。このレンズ系の数値データは後記するが、第3レンズ群G3の最も物体側の面と第4レンズ群G4の物体側の面に非球面が用いられている。この実施例の広角端の収差図を図5に、標準状態の収差図を図6に、望遠端の収差図を図7にそれぞれ示す。

【0081】実施例2の式(1)に関する値は、 $\phi/P \times \sqrt{(2.5/N)} = 2.56 \sim 2.72 \sim 3.291$ (広角端～標準状態～望遠端)であり、また、式(2)に関する値P=0.0042mm、式(3)に関する値

実施例1

$f = 5.12$		
$F_{NO} = 2.8$		
$2\omega = 63.37^\circ$		
$f_B = 3.9118$		
$r_1 = 13.2689$	$d_1 = 2.3000$	$n_{d1} = 1.84666 \quad \nu_{d1} = 23.78$
$r_2 = 53.6681$	$d_2 = 0.2500$	
$r_3 = 5.0828$	$d_3 = 0.7500$	$n_{d2} = 1.48749 \quad \nu_{d2} = 70.20$
$r_4 = 1.9499$	$d_4 = 1.7661$	
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.1000$	
$r_6 = -8.4429$	$d_6 = 0.8000$	$n_{d3} = 1.84666 \quad \nu_{d3} = 23.78$
$r_7 = 9.5020$	$d_7 = 3.5000$	$n_{d4} = 1.72916 \quad \nu_{d4} = 54.68$
$r_8 = -4.4294$	$d_8 = 0.1500$	
$r_9 = 9.0885$	$d_9 = 3.6000$	$n_{d5} = 1.60311 \quad \nu_{d5} = 60.68$
$r_{10} = -18.2764$ (非球面)	$d_{10} = 1.5000$	
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 0.7500$	$n_{d6} = 1.48749 \quad \nu_{d6} = 70.20$
$r_{12} = \infty$		

非球面係数

第10面

$$P = 1.00000$$

$$A_4 = 0.73370 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -0.65295 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 0$$

$$A_{10} = 0$$

N=3.289百万であり、また、式(6)に関する値 $|H/L| = 0.137$ であり、全ての焦点距離において何れもそれらの条件式を満足しており、得られた画像を六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像が得られ、また、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。なお、本実施例は、絞り開放時のFナンバーからF16近辺まで多段階に若しくは連続して開口の大きさが調整可能に構成されている。

【0082】以下に、上記各実施例の光学系10の数値データを示すが、記号は上記の外、fは全系焦点距離、 F_{NO} はFナンバー、 2ω は画角、 f_B はバックフォーカス、 $r_1, r_2 \dots$ は各レンズ面の曲率半径、 $d_1, d_2 \dots$ は各レンズ面間隔、 $n_{d1}, n_{d2} \dots$ は各レンズのd線の屈折率、 $\nu_{d1}, \nu_{d2} \dots$ は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、xを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

$$20 \quad x = (y^2/r) / [1 + \{1 - P(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、rは近軸曲率半径、Pは円錐係数、 A_4, A_6, A_8, A_{10} はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

25 【0083】

【0084】

実施例2

$f = 9.04 \sim 15.61 \sim 26.93$			
$F_{No} = 2.8 \sim 3.0 \sim 4.2$			
$2\omega = 60.55^\circ \sim 38.62^\circ \sim 22.73^\circ$			
$f_B = 14.9208 \sim 14.9208 \sim 14.9208$			
$r_1 =$	41.1141	$d_1 =$	4.7904 $n_{d1} = 1.49216 \quad \nu_{d1} = 57.50$
$r_2 =$	-664.4147	$d_2 =$	(可変)
$r_3 =$	32.3483	$d_3 =$	1.6000 $n_{d2} = 1.49216 \quad \nu_{d2} = 57.50$
$r_4 =$	10.4358	$d_4 =$	8.7931
$r_5 =$	-24.1092	$d_5 =$	2.0000 $n_{d3} = 1.49216 \quad \nu_{d3} = 57.50$
$r_6 =$	20.2995	$d_6 =$	1.4357
$r_7 =$	17.0475	$d_7 =$	2.0000 $n_{d4} = 1.58423 \quad \nu_{d4} = 30.49$
$r_8 =$	41.4263	$d_8 =$	(可変)
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	(可変)
$r_{10} =$	8.5729 (非球面)	$d_{10} =$	5.4175 $n_{d5} = 1.49216 \quad \nu_{d5} = 57.50$
$r_{11} =$	-16.6940	$d_{11} =$	0.1500
$r_{12} =$	-29.1412	$d_{12} =$	0.9800 $n_{d6} = 1.58423 \quad \nu_{d6} = 30.49$
$r_{13} =$	9.3322	$d_{13} =$	(可変)
$r_{14} =$	14.5420 (非球面)	$d_{14} =$	3.5252 $n_{d7} = 1.49216 \quad \nu_{d7} = 57.50$
$r_{15} =$	-22.7125	$d_{15} =$	(可変)
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.8000 $n_{d8} = 1.48749 \quad \nu_{d8} = 70.20$
$r_{17} =$	∞		

ズーム間隔

f	9.04	15.61	26.93
d_2	1.1531	10.2583	21.9662
d_8	19.6098	7.4221	2.5000
d_9	13.4153	9.2369	2.0000
d_{13}	2.4188	3.9308	8.6180
d_{15}	2.0000	4.0000	14.2771

非球面係数

第10面

$$P = 1.00000$$

$$A_4 = -0.17594 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -0.15213 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -0.17058 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -0.15577 \times 10^{-9}$$

第14面

$$P = 1.00000$$

$$A_4 = -0.10902 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 0.57701 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -0.10359 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 0.60403 \times 10^{-10}$$

【0085】なお、本発明の説明はデジタルカメラを中心に説明したが、他の撮像装置（例えばデジタルビデオカメラ）を用いて静止画像を観察する場合も同様である。

【0086】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によると、撮像装置の光学系の結像性能、撮像素子の画素数、画素ピッチが最適化されているので、得られた画像を六つ切り程度以上に拡大しても銀塩写真に匹敵する高品位な画像が得られ、また、開口値F4を越えた絞り値によって被写界深度をコントロールすることが可能で、小型低コストな撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に基づく撮像装置全体の構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例1における光学系を構成するレンズ系の断面図である。

【図3】実施例1のレンズ系の収差図である。

【図4】本発明の実施例2における光学系を構成するズームレンズの広角端での断面図である。

【図5】実施例2のズームレンズの広角端の収差図である。

【図6】実施例2のズームレンズの標準状態の収差図である。

【図7】実施例2のズームレンズの望遠端の収差図である。

【図8】電子撮像系の伝達関数を示す図である。

【図9】光学系のMTF特性を示す図である。

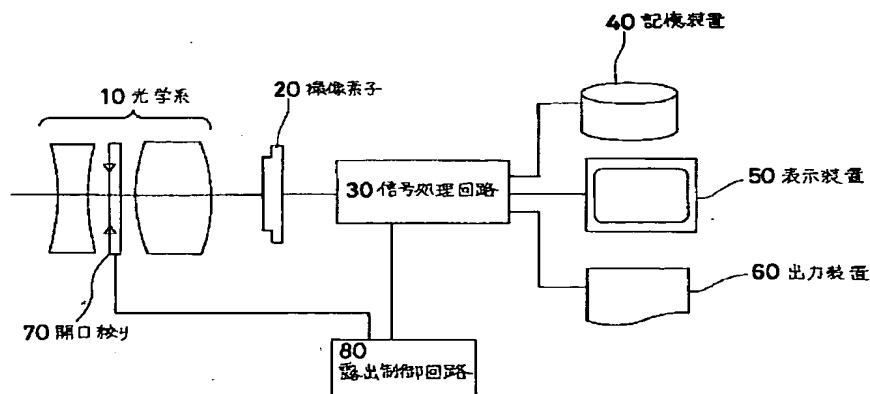
【図10】ピッチ間隔7.5μmの場合の総合的なMTF特性を示す図である。

【図11】ピッチ間隔5μmの場合の総合的なMTF特性を示す図である。

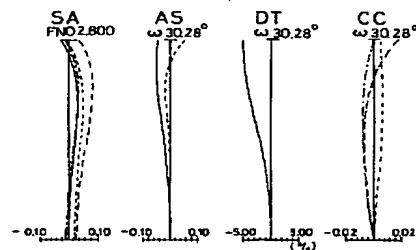
【符号の説明】

- 10…光学系
- 20…撮像素子
- 30…信号処理回路
- 40…記憶装置
- 50…表示装置
- 60…出力装置
- 70…開口絞り
- 80…露出制御回路
- G1…第1レンズ群
- G2…第2レンズ群
- G3…第3レンズ群
- G4…第4レンズ群
- S…絞り
- I…像面

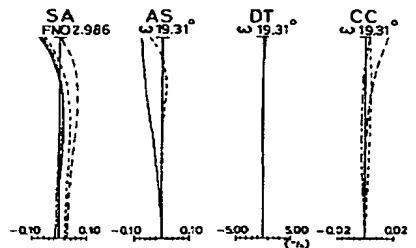
【図1】



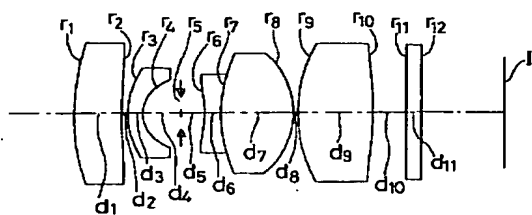
【図5】



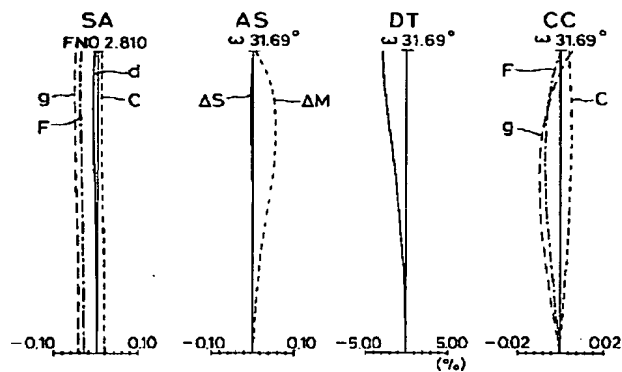
【図6】



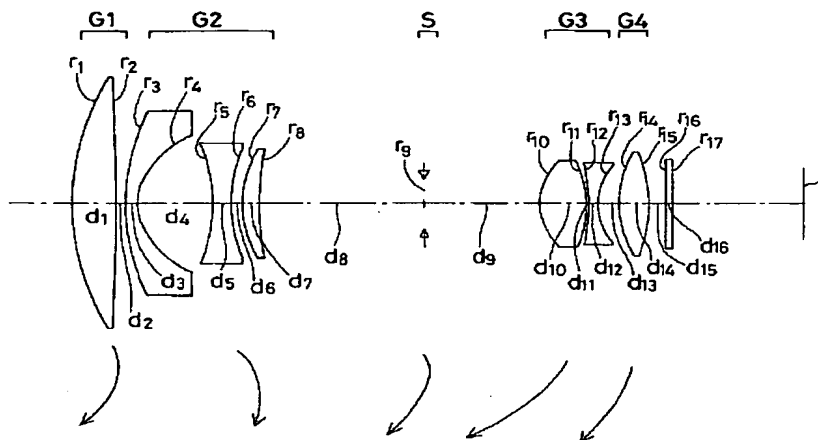
【図2】



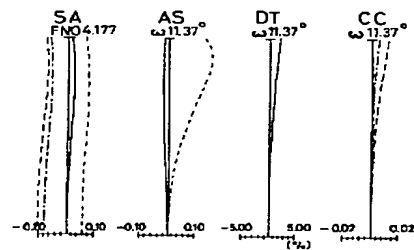
【図3】



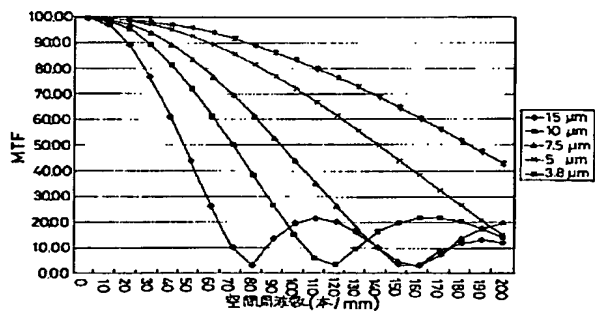
【図4】



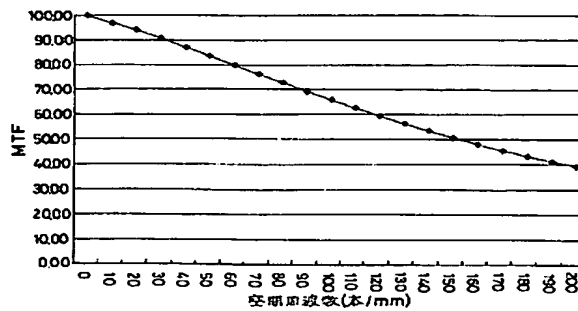
【図7】



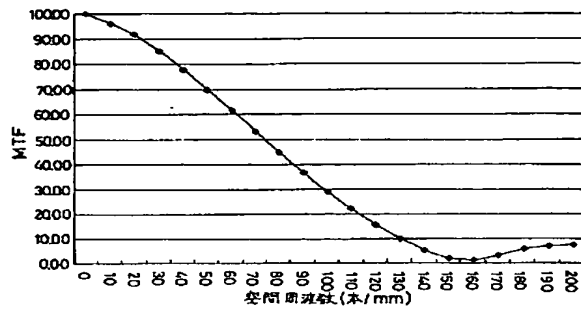
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

